

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Branko Grman Staničić

**UTJECAJ UNILATERALNOG
TRENINGA JAKOSTI NA
MAKSIMALNU JAKOST I
BILATERALNI DEFICIT PLANTARNIH
I DORZALNIH FLEKSORA STOPALA**
(diplomski rad)

Mentor:

doc. dr. sc. Lidija Petrinović

Zagreb, svibanj 2017.

Zahvala

Veliko hvala mentorici dr. sc. Tatjani Trošt Bobić na pomoći, strpljenju, nesebičnom dijeljenju znanja i izvrsnom vođenju prilikom izrade ovog diplomskog rada. Ona je primjer svim studentima, profesorima i roditeljima na koji način se treba odnositi prema svome poslu. Uživao sam studirati pod njenim mentorstvom.

Zahvaljujem prijatelju i kolegi Ivanu Luliću koji me je uveo u istraživački rad i pomagao mi do kraja mog studiranja.

Hvala svim prijateljima i kolegama koji su obogatili moje studentske dane, a posebno hvala djevojci Biljani na razumijevanju i potpori.

Neizmjereno hvala mojim roditeljima i cijeloj obitelji što su mi omogućili da radim ono što volim u životu.

Za kraj, najveća hvala mojoj majci Brankici, kojoj posvećujem ovaj rad. Bez tebe ne bih bio ovo što jesam.

Kratice korištene u radu:

BD- bilateralni deficit

SŽS- središnji živčani sustav

MVIK- maksimalna voljna izometrijska kontrakcija

ES- indeks veličine učinaka

M- maksimalna jakost

PF- plantarni fleksori

DF- dorzalni fleksori

NETR- netrenirana noga

TR- trenirana noga

UTJECAJ UNILATERALNOG TRENINGA JAKOSTI NA MAKSIMALNU JAKOST I BILATERALNI DEFICIT PLANTARNIH I DORZALNIH FLEKSORA STOPALA

SAŽETAK:

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi na koji način i u kojoj mjeri trening jakosti jednog ekstremiteta utječe na cjelokupnu jakost treniranog i netreniranog ekstremiteta, kao i utjecaj treninga na bilateralni deficit kod plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Istraživanje se vršilo na 22 studentice i studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u trenažnom procesu u trajanju 5 tjedana. Prije samog treninga ispitanici su obavili inicijalno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Nakon 5 tjedana provođenja unilateralnog balističkog treninga plantarnih i dorzalnih fleksora stopala obavljeno je završno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita. Značajnost promjene uslijed provedenog treninga provjerena je univarijatnom analizom kovarijance dok je veličina učinka procijenjena Cohenovim indexom veličine učinaka. U kontrolnoj skupini nije došlo do velike promjene praćenih varijabli, a kod eksperimentalne skupine zabilježen je trend povećanja maksimalne jakosti obje noge, no nije postigao statističku značajnost. U obje skupine nema statistički značajnih razlika kod bilateralnog deficita, što samo djelomično potvrđuje rezultate dosadašnjih istraživanja. S obzirom da je unilateralni trening čest izbor metoda vježbanja u rehabilitaciji, ovi rezultati pomažu boljem razumijevanju načina provođenja unilateralnog treninga. Također ukazuju u kojoj mjeri ćemo takvim treningom utjecati na bilateralni deficit sportaša s kojim radimo rehabilitaciju.

Ključne riječi: rehabilitacija, kros transfer, specifične adaptacije, izvedba sportaša, pilot istraživanje

THE EFFECT OF UNILATERAL STRENGTH TRAINING ON MAXIMUM STRENGTH AND ON THE BILATERAL DEFICIT OF PLANTAR AND DORSAL FOOT FLEXORS

SUMMARY:

The aim of this study was to determine how and how much the strength training of one extremity affects the overall strength of the trained and the untrained extremity, as well as to determine the training influence on the bilateral deficit in plantar and dorsal foot flexors. The study was conducted on 22 students from the Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, during a training process that lasted 5 weeks. Prior to training, initial measurement of maximum strength and the bilateral deficit of plantar and dorsal foot flexors had been carried out on the participants. 5 weeks after unilateral ballistic training of plantar and dorsal foot flexors, the final measurement of maximum strength and the bilateral deficit was performed. Significant changes after training were verified by univariate covariance analysis, while the effect size was estimated by Cohen's effect-size index. In the control group there was no significant change in the observed variables, and in the experimental group a trend of increasing maximum strength in both legs was recorded, yet no statistical significance was observed. In both groups there are no statistically significant differences in the bilateral deficit, which has been only partially confirmed in up to date research.

Given that unilateral training is a common choice of exercise methods in rehabilitation, these results help us understand how to conduct unilateral training. The results also show us how much such training will affect the rehabilitated athlete's bilateral deficit.

Key words: rehabilitation, cross transfer, specific adaptations, athlete's performance, pilot study

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	7
2. METODE ISTRAŽIVANJA.....	10
2.1. Ispitanici.....	10
2.2. Plan istraživanja.....	11
2.3. Protokol mjerenja.....	12
2.4. Trenažni protokol.....	13
2.5. Variable.....	14
2.6. Statistička analiza.....	14
3. REZULTATI.....	15
4. RASPRAVA.....	18
5. ZAKLJUČAK.....	22
6. LITERATURA.....	23

1. UVOD

Definicija bilateralnog deficita (BD) ima mnogo, no generalni zaključak svih autora je da je BD smanjenje sile koja se proizvede bilateralnom izvedbom ekstremiteta u usporedbi sa zbrojem sile koja se proizvede unilateralnom izvedbom istih ekstremiteta (Šalaj, 2011; Vieluf i sur., 2013; Weir i sur., 1997). Beurskens i suradnici su 2015. napisali da je BD dobro poznati neurofiziološki fenomen karakteriziran smanjenjem kapaciteta stvaranja sile tijekom sinkronih bilateralnih kontrakcija u usporedbi sa zbrojem identičnih unilateralnih kontrakcija. Govoreći o maksimalnim bilateralnim kontrakcijama, Howard i Enoka su 1991. definirali BD kao smanjenje u maksimalnoj sili ispoljenoj u mišićnoj skupini kada je odgovarajuća kontralateralna mišićna skupina također maksimalno aktivirana, kao i da je sila ispoljena jednim ekstremitetom tijekom maksimalne bilateralne kontrakcije manja nego sila ispoljena tijekom maksimalne unilateralne kontrakcije istog ekstremiteta. Taj fenomen, gdje je mišićna jakost izvedena tijekom maksimalne voljne kontrakcije manja tijekom istovremene bilateralne izvedbe nego tijekom samostalne unilateralne izvedbe homolognog ekstremiteta prvi su uočili Henry i Smith. (McLean i sur., 2006). Oni su 1961. godine, testirajući hipotezu o postojanju međusobne facilitacije kada obje ruke izvedu jednak pokret i na temelju spoznaja o kontralateralnim učincima unilateralnog treninga utvrdili uzajaman inhibicijski utjecaj na ukupnu silu kod istovremenog stiska obje šake. Sila u jednoj ruci tijekom istovremene kontrakcije bila je manja u odnosu na silu proizvedenu kontrakcijom samo jedne ruke (Šalaj, 2011). Od tada je „bilateralni deficit bio promatran u različitim zadacima kao što su izometrična ekstenzija koljena (Howard i Enoka, 1991), izometrična fleksija i ekstenzija lakta (Ohtsuki, 1983), izometrični stisak (Ohtsuki, 1981), izometrični (Schantz, Moritani, Karlson, Johansson i Lundh, 1989; Secher, Rube i Elers, 1988) i izokinetički (Vandervoort, Sale i Moroz, 1984) potisak nogu, izokinetički bench press (Vandervoort, Sale i Moroz, 1987) i vertikalni skokovi (Van Soest i sur., 1985)“ (McLean i sur., 2006: 340; vlastiti prijevod).

Što se tiče mehanizma nastanka BD, pokušali su se utvrditi, paralelno sa mjerenjem sile pomoću različitih tehnika kao što su elektromiografija (EMG), elektroencefalografija, magnetska rezonanca, transkranijalna magnetska stimulacija i superponirana stimulacija (Šalaj, 2011). Uzrok BD do danas još nije poznat, ali je prihvaćeno da je uzrok neki oblik živčane inhibicije te da postoji neurološka osnova za BD. Šalaj je 2011. u svojoj doktorskoj disertaciji navela moguće uzroke BD jakosti na temelju dosadašnjih istraživanja. Navela je četiri potencijalna uzroka BD. Prvi uzrok je interhemisferna inhibicija motoričke moždane

kore koji je prvi naveo Ohtsuki 1983. godine i napisao da je smanjenje snage mišića u bilateralnim kontrakcijama pripisano smanjenju motoneuronske aktivacije, koje mogu imati inhibicijske efekte na mišiće suprotne strane. Taj uzrok navelo je nekoliko istraživača (Vieluf i sur., 2013; Noble i sur., 2014; Beurskens i sur., 2015; Seki i Ohtsuki, 1990). Drugi uzrok su inhibicijski spinalni refleksi za koje je Ohtsuki (1983.) predložio da bi deficit mogao biti povezan sa inhibirajućim refleksima kralježnice, što se događa kada je neuronska kontrola za jedan ekstremitet pod utjecajem istovremene aktivacije suprotnog ekstremiteta. Također i istraživanje Khodiguiana i sur. 2002. potvrđuje taj mehanizam. O inhibiciji na razini kralježnične moždine može se samo spekulirati, upravo zbog malog broja istraživanja u ovom području. Treći uzrok je Šalaj navela kao živčana inhibicija koja je mjerena elektromiogramom. EMG je korištena u istraživanjima da bi se ispitao BD, gdje signal koji proizlazi iz elektromiograma mjeri neurološke naredbe poslane na mišić i daje dokaze o neurološkim mehanizmima koji uzrokuju deficit. Međutim, rezultati su kontradiktorni do danas (MacDonald i sur. 2014). Posljednji uzrok koji je naveden u disertaciji, a ujedno i najčešće objašnjenje u literaturi za fenomen BD je smanjena aktivacija brzih motoričkih jedinica (Kawakami i sur., 1998). BD je uzrokovan nesposobnošću središnjeg živčanog sustava (SŽS) da maksimalno aktivira veliki broj bilateralnih mišićnih grupa u isto vrijeme, posebno brze motoričke jedinice (Hakkinen i sur., 1996). Istraživači su tu hipotezu htjeli provjeriti na više načina i to usporedbom mladih i starijih osoba, različitim brzinama kontrakcija, usporedbom mišića sa različitim omjerom brzih i sporih mišićnih vlakana, u uvjetima mišićnog umora, korištenjem elektromiografskog signala, no dosadašnja istraživanja nisu dala uvjerljivu potvrdu (Šalaj, 2011).

Što se tiče čimbenika koji utječu na BD, istraživači su došli do spoznaje mnogo čimbenika koji na određen način i u određenoj mjeri utječu na BD. Na primjer Howard i Enoka su 1991. uočili da se BD javlja kod istovremenog pregiba koljena obje noge, ali ne i kod istovremenog pregiba lijeve podlaktice i opružanja desne potkoljenice, odnosno kod kontrakcija različitih mišićnih skupina (Šalaj, 2011). Što znači da se BD pojavljuje samo u homolognim bilateralnim kontrakcijama (Li i sur, 2001). Također su uočili suprotni fenomen od BD. Uočili su da sportaši koji često provode vježbe snage, poput dizača utega te koriste puno bilateralnih čučnjeva u svom treningu mogu producirati čak bilateralnu facilitaciju umjesto deficita. Odnosno veću silu bilateralnih kontrakcija od sume unilateralnih (Howard i Enoka, 1991; Taniguchi, 1998). Nadalje, malim brojem istraživanja proučavao se BD u uvjetima umora te se u nekim slučajevima smanjuje a u nekim povećava. Umor ima specifičan utjecaj na BD

(Šalaj, 2011). Što se tiče utjecaja dobi na BD, starije osobe su pokazale smanjenu razinu unilateralne i bilateralne mišićne jakosti i povećanu razinu BD u usporedbi s mlađima (Beurskens i sur., 2015), no bilateralni deficit nije toliko pod utjecajem procesa starenja (Šalaj, 2011; Yamauchi i sur., 2009). Postoje razlike BD u gornjim i donjim ekstremitetima, koji su pripisani svakodnevnom životom gdje se gornji ekstremiteti češće koriste bilateralno nego donji (Šalaj, 2011). Prijašnja su istraživanja pokazala da je BD veći u donjim u odnosu na gornje ekstremitete (Vieluf i sur., 2013). Tome ide u prilog da vježbe donjeg dijela tijela koje uključuju više velikih mišićnih skupina pokazuju veći BD, kao i vježbe koje uključuju više grupa mišića i veće sile reakcije na podlogu, kao što je potisak nogu, mogu imati veći BD jer je teže održavati posturalnu stabilnost pod bilateralnim uvjetima (Magnus i Farthing 2008). Vrsta provedenog treninga također utječe na BD. BD se pojavljuje i za ekscentričnu i koncentričnu kontrakciju. Bilateralnim treningom jakosti se smanjuje, a unilateralnim treningom se povećava. S obzirom da se proizvodi veća sila unilateralnim treningom, treba razmisliti je li unilateralan trening od velike koristi ako individualac pokušava razviti mišićnu masu, kao i može li biti od koristi za starije osobe, koji imaju reduciranu mišićnu masu. Tu treba napomenuti krosedukaciju, kojom se unilateralnim treningom povećava jakost i u kontralateralnim, netreniranim ekstremitetima, za 10-15 posto (Taniguchi, 1998; Kuruganti i sur., 2005; Weir i sur., 1995, 1997; Janzen i sur., 2006; Šalaj, 2011; Beurskens i sur., 2015; Enoka, 1997; Trošt Bobić, 2012; Kim i sur., 2011; Matkowski i sur., 2010; Munn i sur., 2005).

Ovim istraživanjem cilj je utvrditi utjecaj unilateralnog treninga jakosti na maksimalnu jakost te na BD plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Točnije, jesu li ispitanici imali BD prije samog treninga te koliko je sami trening jednog ekstremiteta utjecao na BD nakon višetjednog treninga. Prema dosadašnjim istraživanjima, maksimalna jakost bi se trebala povećati i u treniranom i u netreniranom ekstremitetu. Putem krosedukacije, unilateralnim treningom bi se netreniranom ekstremitetu trebala povećati maksimalna jakost. Što se tiče BD, prema dosadašnjim istraživanjima unilateralni trening smanjuje BD, no dešava li se to i nakon 5 tjedana treninga nepreferirane noge tek treba utvrditi.

Ovo je istraživanje dalo jasne naznake koje su pogodnosti i posljedice unilateralnog treninga plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Rezultati su primjenjivi u slučaju kada osoba nema mogućnosti trenirati bilateralno ili sa oba ekstremiteta posebno (ozljeda ili operacija jednog ekstremiteta). Rezultati nam ukazuju na mogućnost povećanja jakosti netrenirane noge uslijed

unilateralnog treninga tijekom rehabilitacije kao i na istovremeno povećanje bilateralnog deficita što utječe na njegove performanse bitne za daljnji život ili sportsku izvedbu.

2. METODE ISTRAŽIVANJA

2.1. Ispitanici

U istraživanju je sudjelovalo 22 studentice i studenata Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Sudjelovalo je 16 studentica i 6 studenata koji su bili tjelesno aktivni te:

- Nisu imali ozljedu donjih ekstremiteta unatrag godinu dana
- Nisu imali sindrom prenaprezanja lokomotornog sustava za vrijeme provođenje istraživanja
- Nisu imali neuromuskularni poremećaj
- Nisu bili vrhunski sportaši, odnosno nisu bili uključeni u specifičan svakodnevni trenažni proces za vrijeme trajanja istraživanja

Ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u dvije skupine:

1. Kontrolna skupina (K) – 11 ispitanika (7 Ž + 4 M)
2. Eksperimentalna skupina (E) – 11 ispitanika (9 Ž + 2 M)

Istraživanje se sastojalo od inicijalnog i finalnog mjerenja između kojih je proveden trenažni proces u trajanju 5 tjedana.

Inicijalno mjerenje jakosti mišića plantarnih i dorzalnih fleksora stopala sastojalo se od unilateralne i bilateralne izvedbe zadatka maksimalne voljne izometrijske kontrakcije (MVIK). Nakon toga je uslijedila provedba treninga jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge te ponovno mjerenje.

Prije samog početka istraživanja i rasporeda u skupine, ispitanici su u pisanom obliku dobili osnovni cilj istraživanja i detaljan opis eksperimentalnog protokola što im je objašnjeno i usmeno na sastanku, gdje su upoznati sa planom provedbe i rizicima sudjelovanja. Također, na sastanku su ispitanici potpisali izjavu o suglasnosti za sudjelovanje u istraživanju i ispunili

anketni upitnik (modificirano prema Bauman i sur., 2009; www.ipaq.ki.se) o razini tjelesne aktivnosti, povijesti akutnih ozljeda, sindroma prenaprezanja i neuromuskularnih poremećaja.

2.2. Plan istraživanja

Provedeno je randomizirano kontrolirano istraživanje u okviru kojeg su se proučavali učinci treninga jakosti na maksimalnu jakost i bilateralni deficit plantarnih i dorzalnih fleksora stopala.

Cijeli protokol istraživanja odvijao se u fazama:

- a) Inicijalno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita plantarnih i dorzalnih fleksora stopala zadatkom maksimalne izometrijske kontrakcije s naglaskom na eksplozivnu proizvodnju sile (maksimalna voljna izometrijska kontrakcija- MVIK). Zadatak je izveden unilateralno i bilateralno.
- b) Raspored ispitanika gdje su ispitanici nakon inicijalnog mjerenja, a prije početka treninga nasumično raspoređeni u kontrolnu skupinu (K) i u eksperimentalnu skupinu (E). To se odvijalo na način da je svakom ispitaniku, od 1 do 22 određen redni broj te su softverski (<http://www.random.org/integers/>) određene dvije kolone (K i E) slučajnih brojeva i sukladno broju, koji su ispitanici dobili, svrstani su u određene skupine.
- c) Trenažno razdoblje u trajanju od pet tjedana gdje su ispitanici, sukladno skupini u koju su razvrstani slučajnim odabirom, između dvaju mjerenja (početnog i završnog) nastavili sa svojim uobičajenim aktivnostima, izbjegavajući vježbe ravnoteže te jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala (Kontrolna skupina- K) ili provodili unilateralni balistički trening jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge (Eksperimentalna skupina- E).
- d) Završno mjerenje maksimalne jakosti i bilateralnog deficita plantarnih i dorzalnih fleksora stopala zadatkom maksimalne izometrijske kontrakcije s naglaskom na

eksplozivnu proizvodnju sile (maksimalna voljna izometrijska kontrakcija- MVIK). Zadatak je izveden unilateralno i bilateralno.

2.3. Protokol mjerenja

Prije početka samog mjerenja, ispitanici su prošli standardizirani protokol zagrijavanja koji se sastojao od desetominutnog trčanja sa zadacima te vježbi istezanja mišića donjih ekstremiteta. Isti protokol se koristio prije početnog kao i prije završnog mjerenja.

Na početnom i završnom mjerenju također je izmjerena visina i težina ispitanika. Na početnom mjerenju je određena preferirana noga na način da je ispitanik izabrao kojom bi nogom preciznije i dalje šutnuo loptu (Carpes i sur., 2011) te provjerena razina tjelesne aktivnosti, povijest akutnih ozljeda i sindroma prenaprezanja lokomotornog sustava kao i eventualne ranije dijagnoze živčano-mišićnih poremećaja ispitanika (modificirano prema Bauman i sur., 2009).

Protokol mjerenja predviđao je izvedbu zadatka maksimalne izometrijske balističke kontrakcije plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Predviđena je unilateralna i bilateralna izvedba.

- Maksimalna voljna izometrička kontrakcija (MVIK) s naglaskom na eksplozivnu proizvodnju sile

MVIK je zadatak kojim je procijenjena maksimalna i eksplozivna jakost plantarnih i dorzalnih fleksora stopala svake noge i to na posebno oblikovanom dinamometru (S2P Ltd., Ljubljana, Slovenia).

Ispitanik je sjedio na stolcu prilagođenom njegovim antropometrijskim karakteristikama koji je omogućio standardizaciju položaja ispitanika. Kut u zglobovima kuka, koljena i gležnja iznosio je 90 stupnjeva. Stopalo je bilo postavljeno na željeznu pedalu sa senzorom sile (HBM Inc., Z6C3, Darmstadt, Germany). Radna noga je bila fiksirana na distalnom dijelu natkoljenice, a stopalo pričvršćeno remenom, zbog sprječavanja kompenzatornih pokreta. Ispitanik je

naizmjenično izvodio maksimalnu plantarnu pa dorzalnu fleksiju stopala što je brže i jače mogao. Mjerenje za istraživanje je izvršeno nakon dva probna pokušaja. Mjerene su tri izvedbe gdje je kontrakcija trajala 3 sekunde a odmor između kontrakcija 30 sekundi. Zadatak se izvodio unilateralno, prvo jednom, pa drugom nogom uz glasno bodrenje ispitivača sukladno uputama (Gandevia, 2001). Nakon toga zadatak je izveden bilateralno.

2.4. Trenažni protokol

Tijekom petotjednog trenažnog razdoblja ispitanici kontrolne skupine (K) radili su svoje uobičajene aktivnosti te nisu bili uključeni ni u kakav sustavni trenažni proces.

U isto to vrijeme, eksperimentalna skupina (E) provodila je unilateralni balistički trening plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge gdje su se treninzi provodili na istom dinamometru na kojem su se provodila početna i završna mjerenja. Provodio se trening nepreferirane noge upravo iz razloga što su kontralateralni učinci nakon treninga jakosti nepreferirane noge slabo proučavani i kao takvi nam daju dodatnu vrijednost i novinu u istraživanje kros transfera kao i utjecaju istoga na maksimalnu jakost i bilateralni deficit.

Ispitanici su trenirali 20 puta (5 tjedana sa po 4 treninga tjedno). Od prvoga do petoga tjedna ispitanici su progresivno izvodili 5 do 6 ponavljanja, 3 do 5 serija maksimalne voljne izometrijske kontrakcije plantarnih i dorzalnih fleksora stopala nepreferirane noge. Svaka je maksimalna voljna balistička kontrakcija trajala 3 sekunde, dok je odmor između serija trajao jednu minutu.

Tako proveden trenažni protokol omogućio nam je uvid u učinak unilateralnog treninga nepreferirane noge na bilateralni deficit. Takav koncept istraživanja važan je radi otkrivanja eventualnih mehanizama adaptacije u pozadini unilateralnog treninga, koji se često koristi u početnim fazama rehabilitacije donjih ekstremiteta kod sportaša, kada se, u nemogućnosti vježbanja sa ozlijeđenim/operiranim ekstremitetom vježba sa zdravim u nastojanju izazivanja kontralateralnih učinaka na ozlijeđenu stranu. Sa živčano-mišićnog stajališta, postavlja se pitanje, na koji način unilateralna izvedba narušava bilateralnu. Dakle, unilateralni trening s jedne strane dovodi do kontralateralnih učinaka u nevježbajućem ekstremitetu, što pozitivno utječe na tijek rehabilitacije, dok je s druge strane, na temelju istraživanja iz područja bilateralnog deficita jasno da postoji mogućnost da negativno utječe na bilateralnu izvedbu.

2.5. Varijable

1. Maksimalna jakost plantarnih fleksora stopala preferirane (netrenirane) i nepreferirane (trenirane) noge
2. Maksimalna jakost dorzalnih fleksora stopala preferirane (netrenirane) i nepreferirane (trenirane) noge
3. Bilateralni deficit plantarnih fleksora stopala
4. Bilateralni deficit dorzalnih fleksora stopala

Mjerna jedinica izmjerene sile jest Nm.

2.6. Statistička analiza

Pouzdanost varijabli utvrđena je prethodnim pilot mjerenjem. Korištena je srednja vrijednost za svaku zavisnu varijablu u statističkoj analizi, s obzirom da je svaki zadatak izveden tri puta.

Promjene koje su nastale između početnog i završnog mjerenja provjerene su univarijatnom analizom kovarijance. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0,05$. Veličina učinka trenažnih programa procijenjena je Cohenovim indexom veličine učinka (ES; razlika (završno - početno stanje) / standardnom devijacijom početnog stanja). Mali učinak smatra se veličina od 0,2, umjereni učinak smatra se veličina od 0,5 dok se veliki učinak smatra veličina od 0,8 (Cohen, 1997). Postotne promjene od početnog do završnog mjerenja u praćenim varijablama, također su izračunate.

3. REZULTATI

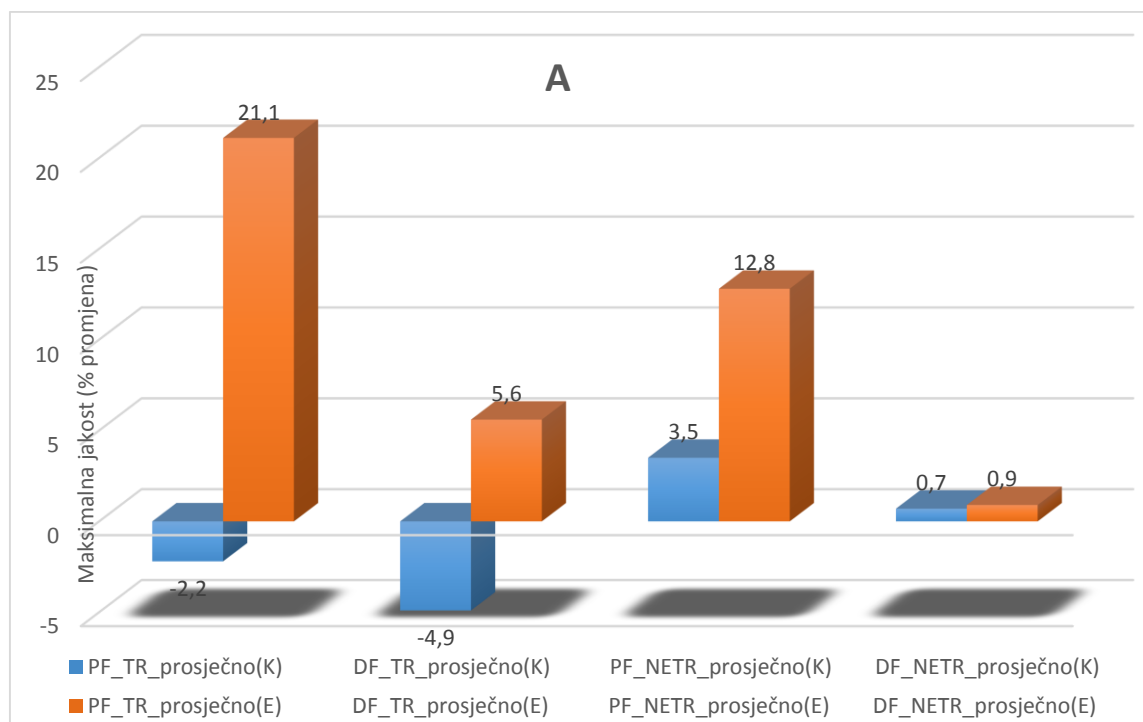
Rezultati ovog istraživanja ukazuju na činjenicu da u kontrolnoj skupini nije došlo do znatne promjene praćenih varijabli, od inicijalnog do finalnog mjerenja. Maksimalna jakost plantarne fleksije nepreferirane noge ne razlikuje se previše u usporedbi inicijalnog i finalnog mjerenja ($200,85 \pm 62,17$ nasuprot $196,4 \pm 80,09$: ES = -0,07; -2.2%) kao ni preferirane noge ($178,82 \pm 44,37$ nasuprot $185,03 \pm 66,55$: ES = 0,13; 3,5%). Također, nema značajnih razlika kod maksimalne jakosti dorzalne fleksije nepreferirane ($39,95 \pm 9,07$ nasuprot $37,98 \pm 14,15$: ES = -0,2; -4,9%) i preferirane noge ($37,83 \pm 10,59$: nasuprot $38,11 \pm 9,32$: ES = 0,03; 0,7%). U eksperimentalnoj skupini zabilježen je trend povećanja maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala trenirane i netrenirane noge, koji nije postigao statističku značajnost. Pri tome, veći se trend poboljšanja ukazuje u treniranoj (ES = 0,53; 21,1% te ES = 0,21; 5,6%), u odnosu na netreniranu nogu (ES = 0,42; 12,8% te ES = 0,05; 0,9%) (Tablica 1 i grafički prikaz 1).

Kada je riječ o BD, u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini također nema statistički značajnih razlika između inicijalnog i finalnog mjerenja. U kontrolnoj skupini su male razlike između prosječnih vrijednosti plantarne i dorzalne fleksije ($-4,47 \pm 8,29$ nasuprot $-2,92 \pm 5,64$: ES = 0,18; -34,7% te $-2,98 \pm 7,77$ nasuprot $-2,29 \pm 4,96$: ES = 0,08; -23.2%) kao i između maksimalnih vrijednosti plantarne i dorzalne fleksije ($-3,20 \pm 7,93$ nasuprot $-2,79 \pm 4,08$: ES = 0,05; -12,8% te $-1,16 \pm 10,34$ nasuprot $1,10 \pm 14,57$: ES = 0,22; -194,8%). Zanimljivo je naglasiti da je kod eksperimentalne skupine zabilježen trend porasta BD za dorzalnu fleksiju ($-3,4 \pm 7,91$ nasuprot $-4,92 \pm 5,19$: ES = -0,19; 44,7% te $-3,87 \pm 9,09$ nasuprot $-4,67 \pm 4,72$: ES = -0,08; 20,67%), uz istovremeni trend opadanja vrijednosti BD za plantarnu fleksiju ($-7,25 \pm 8,91$ nasuprot $-5,33 \pm 6,96$: ES = 0,22; -26,5% te $-5,54 \pm 7,52$ nasuprot $-4,78 \pm 7,83$: ES = 0,11; -13,7%) (Tablica 1 i grafički prikaz 2). Prema indeksu ES (indeks veličine učinaka) (Cohen, 1997) zabilježeni trendovi promjena maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora trenirane noge te bilateralnog deficita za dorzalnu fleksiju dostižu umjerenu značajnost.

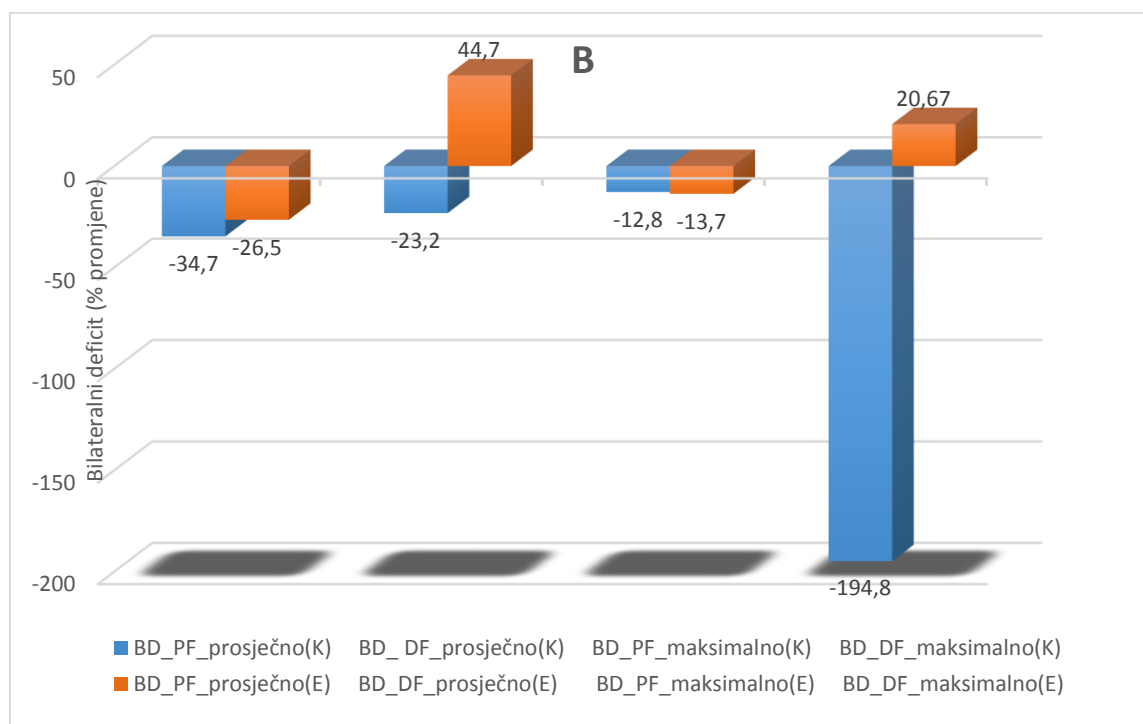
Tablica 1: Postotne promjene u praćenim varijablama za kontrolnu i eksperimentalnu skupinu.

	Kontrolna skupina				Eksperimentalna skupina				Rezultati Ancova	
	Inicijalno	Finalno	ES	%	Inicijalno	Finalno	ES	%	F	Sig
M_PF_TR_mean	200,85 ± 62,17	196,4 ± 80,09	- 0,07	-2,2	163,19 ± 65,37	197,55 ± 50,85	0,53	21,1	7,094	,011
M_DF_TR_mean	39,95 ± 9,07	37,98 ± 14,15	-0,2	-4,9	33,56 ± 8,97	35,46 ± 9,88	0,21	5,6	1,267	,274
M_PF_NETR_mean	178,82 ± 44,37	185,03 ± 66,55	0,13	3,5	163,05 ± 48,76	183,95 ± 45,76	0,42	12,8	,983	,334
M_DF_NETR_mean	37,83 ± 10,59	38,11 ± 9,32	0,03	0,7	36,52 ± 5,94	36,85 ± 12,33	0,05	0,9	,001	,973
M_BD_PF_mean	-4,47 ± 8,29	-2,92 ± 5,64	0,18	-34,7	-7,25 ± 8,91	-5,33 ± 6,96	0,22	-26,5	,361	,555
M_BD_DF_mean	-2,98 ± 7,77	-2,29 ± 4,96	0,08	-23,2	-3,4 ± 7,91	-4,92 ± 5,19	- 0,19	44,7	1,400	,251
M_BD_PF_max	-3,20 ± 7,93	-2,79 ± 4,08	0,05	-12,8	-5,54 ± 7,52	-4,78 ± 7,83	0,11	-13,7	,202	,658
M_BD_DF_max	-1,16 ± 10,34	1,10 ± 14,57	0,22	-194,8	-3,87 ± 9,09	-4,67 ± 4,72	- 0,08	20,67	1,107	,306
M- maksimalna jakost; PF- plantarni fleksori; DF- dorzalni fleksori; BD- bilateralni deficit; NETR- netrenirana noga; TR- trenirana noga										

Grafički prikaz 1: Usporedbe promjena između kontrolne (K) i eksperimentalne skupine (E) u plantarnoj i dorzalnoj fleksiji trenirane noge te u plantarnoj i dorzalnoj fleksiji netrenirane noge.



Grafički prikaz 2: Usporedbe promjena između kontrolne (K) i eksperimentalne (E) skupine u bilateralnom deficitu plantarne i dorzalne fleksije u prosječnim vrijednostima te u maksimalnim vrijednostima.



4. RASPRAVA

Glavni nalaz ovog istraživanja ukazuje na trend suprotnog djelovanja provedenog unilateralnog treninga jakosti na BD plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Pri tome provedeni kompleksni trening jakosti doveo je do trenda smanjenja BD dorzalnih fleksora stopala uz istovremeno povećanje BD plantarnih fleksora stopala.

Također, u okviru ovog istraživanja, trend poboljšanja maksimalne jakosti plantarnih i dorzalnih fleksora stopala trenirane noge, nije postigao statističku značajnost.

Već je napisano da je BD jakosti smanjenje sile tijekom bilateralnih motoričkih zadataka u odnosu na zbroj sile koju proizvode ekstremiteti u unilateralnim uvjetima (Šalaj, 2011). Stoga, možemo zaključiti da je smanjenje BD pozitivno dok se povećanje BD negativno odražava na bilateralnu maksimalnu jakost, upravo iz razloga ispoljavanja sile tijekom bilateralnog pokretanja donjih ili gornjih ekstremiteta u usporedbi sa unilateralnim ispoljavanjem sile, gdje je zbroj unilateralnih sila veći. Smanjenjem BD vrijednosti sile kod bilateralnih i vrijednosti sume sile kod unilateralnih kontrakcija približavaju se, što može pozitivno djelovati na sportsku efikasnost vježbača. Poznato je da trenirani sportaši imaju manje vrijednosti BD u odnosu na netreniranu populaciju i u odnosu na starije osobe. Dakle povećanje BD je odlika netreniranih pojedinaca i starijih osoba.

Trend poboljšanja maksimalne jakosti najvjerojatnije nije postigao statističku značajnost radi trajanja samog treninga. Naime, petotjedni trening sa 20 trenažnih jedinica dovoljan je period za razvoj maksimalne jakosti kod zdravih sedentarnih pojedinaca, ali ne nužno i za zdrave, tjelesno aktivne pojedince kao što su studenti Kineziološkog fakulteta. Ipak, postignuti trend poboljšanja ukazuje na vjerojatnost da bi isti trening samo duljeg trajanja razvio jakost. Razlog tome leži u činjenici da je razvoj maksimalne jakosti u visokoj korelaciji sa morfološkom adaptacijom na trening, a koja se, kod tjelesno aktivnih osoba očekuje nakon 8 tjedana treninga (Staron i sur., 1994). Dakle, zabilježeni trend poboljšanja čini temelj za vjerovati da bi nakon 8 tjedana treninga taj trend bio statistički značajan.

Provodio se izometrijski trening jakosti donjih ekstremiteta jer, s obzirom na nedosljednosti rezultata u izometrijskim uvjetima rada postoji potreba proučavanja BD jakosti u takvim uvjetima rada (Šalaj, 2011). Također, izometrijska kontrakcija je po prirodi izvedbe puno

bliža koncentričnoj od ekscentrične kontrakcije. Yamauchi i sur. 2009. u svome su istraživanju dobili rezultate gdje im je BD bio najveći kod maksimalne izometrijske sile, uspoređujući je sa brzinom i snagom kretanja i njihovim međusobnim odnosom. Istraživanja ekscentrične kontrakcije nema mnogo (Weir i sur., 1995), no Enoka je 1997. napisao u četiri točke koji su razlozi ispoljavanja veće sile tijekom ekscentrične kontrakcije u usporedbi sa koncentričnom i izometrijskom. Samim time, bolji je i pregledniji prikaz BD. BD je vidljiviji u dinamičkim vježbama, kao što su izokinetička ekstenzija koljena nego u izometrijskim kontrakcijama (Jakobi i Chilibeck, 2001). Kada je poznato da se vrijednosti BD kreću od 3 do 25% (Archontides i Fazey, 1993) i pregledom dosadašnjih istraživanja BD jakosti tijekom izokinetičkih aktivnosti mišića natkoljenice pokazuje da taj broj iznosi od 21 do 32% (Kuruganti i Seaman, 2006), možemo zaključiti da je BD što se tiče vrste kontrakcija vrlo varijabilan, kao i sami rezultati ovog istraživanja. U prilog tome ide i podatak da BD jakosti u izometrijskim zadacima varira od 0 do 27%, gdje su niže vrijednosti kod zadataka gornjih ekstremiteta, a više vrijednosti kod zadataka donjih ekstremiteta (Šalaj, 2011). Također, treba napomenuti da je varijabilnost izometrijskih zadataka mala u različitim istraživanjima te da BD nije utvrđen na velikom broju istraživanja, kao i podatak da je kod netreniranih osoba BD jakosti stabilniji zbog izostajanja BD kod treniranih osoba, osobito kod bilateralno treniranih (Jakobi i Chilibeck, 2001).

Prijašnja su istraživanja pokazala da je generalno, bilateralni deficit veći za donje nego za gornje ekstremitete (Vieluf i sur. 2013), pa je samim mjerenjem donjih ekstremiteta studija preglednija i bolji su rezultati. Istraživači to pripisuju svakodnevnom životu, gdje se gornji ekstremiteti češće koriste bilateralno nego donji ekstremiteti (Šalaj, 2011). Rezultati dobiveni ovim istraživanjem samo djelomično potvrđuju rezultate prijašnjih studija o utjecaju kompleksnog treninga jakosti na BD. Mogući razlog tome jest činjenica da je u ovom istraživanju trening proveden unilateralno. Trening se provodio unilateralno iz praktičnih razloga. Naime, unilateralan trening je čest izbor kod ozlijeđenih osoba te se na taj način provodi i rehabilitacija. Negativan učinak na bilateralnu izvedu mogao bi usporiti oporavak u funkcionalnoj fazi rehabilitacije, kada se od sportaša traži kombinacija unilateralnih i bilateralnih pokreta, karakterističnih za njegovu svakodnevicu. Stoga se u ovom istraživanju koristio unilateralni trening kako bi se krosedukacijom vidio utjecaj na oba ekstremiteta. Krosedukacija predstavlja poboljšanje u motoričkoj izvedbi ili jakosti netreniranog ekstremiteta nakon perioda unilateralnog treninga homolognog ekstremiteta suprotne strane tijela (Zhou, 2000; Munn i sur., 2006). Janzen i suradnici su 2006. testirali žene u

postmenopauzi te su došli do zaključka da bilateralni trening smanjuje BD, dok unilateralni trening ima minimalne efekte na BD. Također je do istog zaključka došao i Taniguchi, 1998., kada je istraživao 7 ženskih i 32 muška studenata, podijeljenih u 4 grupe te kontrolnu grupu. Trenirali su 3 dana u tjednu, ukupno 6 tjedana. Studija je pokazala da je BD smanjen nakon bilateralnog treninga iz razloga što se takvim treningom bilateralna sila povećala a unilateralna sila se nije mijenjala. Kao rezultat, BD se smanjio. Koristeći specifični unilateralni trening, BD je bio povećan. Upravo se na taj specifični trening mora obratiti pažnja, s obzirom na sportove u kojima prevladavaju unilateralne kontrakcije, kao što su npr. nogomet, rukomet, boks, tenis itd. Stoga je na dobivene rezultate utjecala i specifičnost provedenih vježbi.

Funkcija plantarnih fleksora stopala je podizanje čitavog tijela ili donjih ekstremiteta na prste te sudjelovanje u vrlo brzim balističkim pokretima kao što su sprintevi i skokovi. Također doprinose propulziji tijela prema naprijed u svakodnevnom hoda i trčanju (Lulić i Grman Staničić, 2016).

Suprotno tome, dorzalni fleksori stopala kroz ekscentričnu kontrakciju sprečavaju prerano opadanje stopala u plantarnoj fleksiji kod postavljanja pete na podu, prilikom hoda (Trošt Bobić, 2012). Stoga, može se zaključiti da i u tim razlozima postoji mogućnost pojedinih mišića da se na različite načine adaptiraju na provedeni trening, s obzirom na njihovu svakodnevnu funkciju.

Ovo istraživanje ukazuje na nekoliko specifičnih adaptacija uslijed provedbe unilateralnog treninga jakosti:

1. Razvoj jakosti u treniranoj nozi - temeljem čega se zaključuje o tome je li trening uopće utjecao na praćenu varijablu u treniranoj nozi. Tu treba promatrati maksimalnu jakost plantarnih i dorzalnih fleksora stopala. Iz rezultata je vidljivo kako se maksimalna jakost plantarnih fleksora trenirane noge povećala za čak 21,1%, dok rezultat kod dorzalnih fleksora iznosi 5,6% povećanja.
2. Razvoj jakosti u netreniranoj nozi - temeljem čega se zaključuje o kontralateralnim učincima izvedenog unilateralnog treninga na praćenu varijablu. Rezultati pokazuju da se maksimalna jakost plantarnih fleksora netrenirane noge povećala za 12,8%, a maksimalna jakost dorzalnih fleksora za 0,9%.
3. Promjene u bilateralnom deficitu na kraju treninga, u odnosu na početno mjerenje - temeljem čega se zaključuje o utjecaju provedenog treninga na bilateralnu izvedbu.

Što je bilateralni deficit veći to je negativan utjecaj na bilateralnu izvedbu veći. Vidi se kako se bilateralni deficit dorzalnih fleksora povećao za 20,67%, dok se za plantarne fleksore smanjio za 13,7%.

Kada je poznato da se unilateralni trening koristi u početnim fazama rehabilitacije, pitanje je koliko je to pozitivno ili negativno, s obzirom na narušavanje bilateralne izvedbe. Naime, iz ovog istraživanja vidi se kako unilateralni trening dovodi do povećavanja jakosti ozlijeđene ili operirane noge ali istovremeno narušava bilateralnu izvedbu, konkretno u ovom istraživanju dorzalnih fleksora. To su specifične adaptacije na trening te je potrebno dodatno istražiti veličinu tih promjena, kao i dinamiku razvoja opadanja tih promjena. Postoji mogućnost da negativan učinak na bilateralni deficit nestaje nakon nekog kratkog perioda pa se iz tog razloga može koristiti u programu rehabilitacije, gdje bi se prvo usmjerila pažnja na jačanje ozlijeđene ili operirane noge kros transferom, pa nakon nekog vremena, na smanjivanje bilateralnog deficita, nastalog u početnim fazama rehabilitacije. Upravo radi toga potrebno je paziti na program i tijek rehabilitacije, kao i na specifičnosti kretnji i izvedbe sportaša na kojem se rehabilitacija provodi. Vrlo je bitno znati koje kretnje ozlijeđeni sportaš koristi pri svojim izvedbama, te kako narušavanje bilateralne izvedbe utječe na samu sportaševu izvedbu i prema tome prilagoditi rehabilitaciju.

5. ZAKLJUČAK

Istraživanje ima vrlo veliku praktičnu vrijednost. Naime, unilateralni trening je čest izbor metode vježbanja u rehabilitaciji kod osoba koje trenutno ne mogu koristiti ozlijeđeni dio tijela. Razlog korištenja takvog treninga jest mogući kros transfer sposobnosti u kontralateralni (trenutno deficitarni) dio tijela. Ipak, kako je razvoj jakosti u kontralateralnom (mirujućem) ekstremitetu manji u odnosu na vježbajući ekstremitet postavlja se etičko pitanje koliko je moguće provoditi unilateralni trening bez razvoja prevelikih neravnoteža u jakosti (funkciji) dvaju ekstremiteta. Naime, kros transfer treninga snage uzrokuje povećanje snage u kontralateralne mišiće za 10 do 15% (Enoka, 1997).

Nadalje, neuralna adaptacija na trening prethodi morfološkoj. Prepoznato je već neko vrijeme da neurološki čimbenici značajno doprinose povećanju mišićne jakosti, osobito na samom početku trenažnog procesa. Zato se u ovom istraživanju pratio BD, kao pokazatelj neurološke adaptacije vježbača na provedeni trening. Smanjena aktivacija brzih motoričkih jedinica najčešće je objašnjenje u literaturi za fenomen BD (Šalaj, 2011). Dobiveni rezultati ukazuju na trend utjecaja provedenog unilateralnog treninga na neuralnu adaptaciju vježbača, koja nije postigla statističku značajnost. Takvi rezultati upućuju na mogućnost korištenja unilateralnog treninga u rehabilitacijskim procesima u trajanju od 5 tjedana, sa sveukupno 20 trenažnih jedinica bez statistički značajnog narušavanja ravnoteže funkcija ozlijeđenog i neozlijeđenog ekstremiteta. Ono što je važno je da istraživanja kao što je ovaj pomaže u boljem razumijevanju specifičnih adaptacija živčano mišićnog sustava na često provedeni trening jakosti, a pogotovo na unilateralni trening jakosti koji je čest izbor u početnim fazama rehabilitacijskog procesa.

Ipak, kako je ovo istraživanje provedeno na zdravim ispitanicima, moguće ga je promatrati kao svojevrsnim pilot istraživanjem, te je potrebno isti predmet istražiti i na populaciji ozlijeđenih ispitanika.

6. LITERATURA

1. Archontides, C., Fazey, J. A. (1993). Inter-limb interactions and constraints in the expression of maximum force: a review, some implications and suggested underlying mechanisms. *Journal of Sports Sciences*, 11(2), 145-158.
2. Beurskens, R., Gollhofer, A., Muehlbauer, T., Cardinale, M., Granacher, U. (2015). Effects of Heavy-Resistance Strength and Balance Training on Unilateral and Bilateral Leg Strength Performance in Old Adults. *PLOS ONE*, 10(2), e0118535.
3. Enoka, R. M. (1997). Neural adaptations with chronic physical activity. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 447-455.
4. Gandevia, S.C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789.
5. Hakkinen, K., Kallinen, M., Linnamo, V., Pastinen, U-M., Newton, R. U., Kraemer, W. J. (1996). Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiologica Scandinavica*, 158(1), 77-88.
6. Howard, J. D., Enoka, R. M. (1991). Maximum bilateral contractions are modified by neutrally mediated interlimb effects. *Journal of Applied Physiology*, 70(1), 306-316.
7. Jakobi, J. M., Chilibeck, P. D. (2001). Bilateral and unilateral contractions: possible differences in maximal voluntary force. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 26(1), 12-33.

8. Janzen, C. L., Chilibeck, P. D., Davison, K. S. (2006). The effect of unilateral and bilateral strength training on the bilateral deficit and lean tissue mass in post-menopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 253-260.
9. Kawakami, Y., Sale, D. G., MacDougall, J. D., Moroz, J. S. (1998). Bilateral deficit in plantar flexion: relation to knee joint position, muscle activation, and reflex excitability. *European Journal of Applied Physiology*, 77(3), 212-216.
10. Khodiguian, N., Cornwell, A., Lares, E., DiCaprio, P. A., Hawkins, S. A. (2002). Expression of the bilateral deficit during reflexively evoked contractions. *Journal of Applied Physiology*, 94(1), 171-178.
11. Kim, K., Cha, Y. J., Fell, D. W. (2011). The effect of contralateral training: Influence of unilateral isokinetic exercise on one-legged standing balance of the contralateral lower extremity in adults. *Gait & Posture*, 34(1), 103-106.
12. Kuruganti, U., Seaman, K. (2006). The bilateral leg strength deficit is present in old, young and adolescent females during isokinetic knee extension and flexion. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 322-326.
13. Kuruganti, U., Parker, P., Rickards, J., Tingley, M., Sexsmith, J. (2005). Bilateral isokinetic training reduces the bilateral leg strength deficit for both old and young adults. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1-2), 175-179.
14. Li, S., Danion, F., Latash, M., Li, Z-M., Zatsiorsky, V. (2001). Bilateral deficit and symmetry in finger force production during two-hand multifinger tasks. *Experimental Brain Research*, 141(4), 530-540.

15. Lulić, I., Grman Staničić, B. (2016). Utjecaj izabranog vremena izračuna na pouzdanost varijabli za procjenu eksplozivne jakosti. (Diplomski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
16. MacDonald, M., Losier, D., Chester, V. L., Kuruganti, U. (2014). Comparison of bilateral and unilateral contractions between swimmers and nonathletes during leg press and hand grip exercises. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1245-1249.
17. Magnus, C. R., Farthing, J. P. (2008). Greater bilateral deficit in leg press than in handgrip exercise might be linked to differences in postural stability requirements. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 33(6), 1132-1139.
18. Matkowski, B., Martin, A., Lepers, R. (2010). Comparison of maximal unilateral versus bilateral voluntary contraction force. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1571-1578.
19. McLean, S. P., Vint, P. F., Stember, A. J. (2006). Submaximal Expression of the Bilateral Deficit. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77(3), 340-350.
20. Munn, J., Herbert, R. D., Gandevia, S. C. (2004). Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *Journal of Applied Physiology*, 96(5), 1861-1866.
21. Munn, J., Herbert, R. D., Hancock, M. J., Gandevia, S. C. (2005). Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *Journal of Applied Physiology*, 99(5), 1880-1884.

22. Noble, J. W., Eng, J. J., Boyd, L. A. (2014). Bilateral motor tasks involve more brain regions and higher neural activation than unilateral tasks: an fMRI study. *Experimental Brain Research*, 232(9), 2785-2795
23. Ohtsuki, T. (1983). Decrease in human voluntary isometric arm strength induced by simultaneous bilateral exertion. *Behavioural Brain Research*. 7(2), 165-178.
24. Seki, T., Ohtsuki, T. (1990). Influence of simultaneous bilateral exertion on muscle strength during voluntary submaximal isometric contraction. *Ergonomics*, 33(9), 1131-1142.
25. Šalaj, S. (2011). Bilateralni deficit jakosti donjih ekstremiteta: utjecaj umora, vrste i brzine mišićne kontrakcije. (Doktorska disertacija, Kineziološki fakultet). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
26. Taniguchi, Y. (1998). Relationship between the modifications of bilateral deficit in upper and lower limbs by resistance training in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 78(3), 226-230.
27. Trošt Bobić, T. (2012). Ipsilateralni i kontralateralni učinci treninga jakosti i ravnoteže na živčano-mišićnu funkciju i motoričku kontrolu tjelesno aktivnih osoba. (Doktorska disertacija, Kineziološki fakultet). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
28. Vieluf, S., Godde, B., Reuter, E., Voelcker-Rehage, C. (2013). Effects of age and fine motor expertise on the bilateral deficit in force initiation. *Experimental Brain Research*, 231(1), 107-116.

29. Weir, J. P., Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, L. L. (1995). The Effect of Unilateral Eccentric Weight Training and Detraining on Joint Angle Specificity, Cross-Training, and the Bilateral Deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22(5), 207-215.
30. Weir, J. P., Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, L. L. (1997). The Effect of Unilateral Concentric Weight Training and Detraining on Joint Angle Specificity, Cross-Training, and the Bilateral Deficit. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(4), 264-270.
31. Yamauchi, J., Mishima, C., Nakayama, S., Ishii, N. (2009). Force–velocity, force–power relationships of bilateral and unilateral leg multi-joint movements in young and elderly women. *Journal of Biomechanics*, 42(13), 2151-2157.
32. Zhou, S. (2000). Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 28(4), 177-184.

Elektronički izvori:

1. Random Integer Generator. Preuzeto s mreže 06.03.2017. s
<http://www.random.org/integers>